

**English Translation of German Patent Application DE 199 04 776 A1**

(Raimund Wilhelm) which was filed on February 5, 1999 and which was published on August 10, 2000, describes in general a circuit for reducing the number of the wires of a power cable. Figure 2 shows a block diagram of the circuit in question. In figure 2, a working device 32 (such as an electric hand screw driver 8 in figure 1) is coupled to a central unit 30 via transmission means 34. The working device 32 includes at least an encoder 38 for generating encoded data from the working device 32. The central unit 30 includes at least a decoder 44 for decoding said encoded data. Further, the working device 32 includes a motor position sensor 12, a switch 14, ON/OFF lamps 20a, 20b, a rotation angle sensor 16, a torque sensor 18 and the corresponding wires. By means of the above circuit, it is possible to transmit data from the motor position sensor, the switch, the ON/OFF lamps, the rotation angle sensor and the torque sensor via the power supply cable together with the supply current. Pending claim 1 relates to working arrangement having a working device 32, a central unit 30 and transmission means 34, wherein the working device 32 includes at least an encoder 38 for generating encoded data from the working device 32, and the central unit 30 includes at least a decoder 44 for decoding the transmitted encoded data, and the transmission means 34 being adapted for transmitting encoded data from the working device 32 to the central unit 30.



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 199 04 776 A 1

⑤1 Int. Cl.7:  
G 08 C 19/16  
H 04 L 5/02

②1 Aktenzeichen: 199 04 776.6  
②2 Anmeldetag: 5. 2. 1999  
④3 Offenlegungstag: 10. 8. 2000

DE 199 04 776 A 1

⑦1 Anmelder:  
Wilhelm, Raimund, 73457 Essingen, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Müller-Boré & Partner, Patentanwälte, European  
Patent Attorneys, 81671 München

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE 42 25 534 A1  
DE 39 13 266 A1  
DE 36 19 128 A1

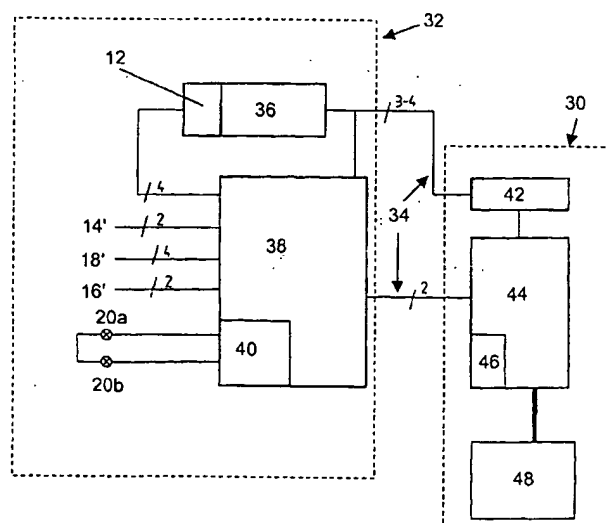
Bohrer, Wolfgang: Exakt synchron. In: elektrotech-  
nik für die Automatisierung, 1998, H.6, S.30-33;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Kabel-Sparschaltung

⑤7 Bearbeitungsanordnung mit einem Bearbeitungsgerät 32, einer Zentraleinheit 30 und einem Übertragungsmittel 34, wobei das Bearbeitungsgerät 32 zumindest einen Kodierer 38 zur Erstellung von kodierten Daten aus einer Vielzahl von Daten in dem Bearbeitungsgerät 32 und die Zentraleinheit 30 zumindest einen Dekodierer 44 zur Wiederherstellung der Vielzahl von Daten aus den übertragenen kodierten Daten aufweist und das Übertragungsmittel 34 zur Übertragung der kodierten Daten von dem Bearbeitungsgerät 32 zu der Zentraleinheit 30 ausgelegt ist.



DE 199 04 776 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Übertragen kodierter Daten zwischen einem Bearbeitungsgerät und einer zugeordneten Zentraleinheit.

- 5 **Fig. 1** zeigt eine schematische Seitenansicht eines Elektro-Handschräubers **8**, wie er im Stand der Technik verwendet wird. Zum Betrieb eines solchen Bearbeitungsgerätes sind elektrische Anschlußleitungen **22** erforderlich, die das Gerät mit einer zugehörigen Steuerungs- und Versorgungseinheit verbindet. Aufgrund der vielfältigen benötigten Funktionen in einem solchen Elektro-Handschräuber werden entsprechende mehradrig und damit schwere Kabel benötigt. So weist ein herkömmlicher Handschräuber typischerweise eine folgende Kabelbelegung auf:

10

Nummer	Kabel für	Anzahl der Kabeladern	verdrillt und abgeschirmt
15 1	Motorversorgung	4	nein
2	Motorlagegeber	4	ja
20 3	Startschalter	2	ja
4	IO/NIO Kontrollleuchten	2	ja
25 5	Drehmomentsensor	4	ja
6	Drehwinkelsensor	2	ja

- Um demnach die notwendigen Signale bzw. Versorgungsspannungen zu der Motorversorgung **10**, dem Motorlagegeber **12**, dem Startschalter **14**, den IO/NIO Kontrollleuchten **20a**, **20b**, dem Drehwinkelsensor **16** und dem Drehmomentsensor **18** zu übertragen, ist typischerweise ein Anschlußkabel **22** mit 18 Kabeladern notwendig. Zwangsweise führen solche aufwendigen und dicken Kabel auch zu komplexen, anfälligen und teuren Steckerverbindersystemen und ziehen einen entsprechend hohen Kabelkonfektionierungsaufwand nach sich. Da solche Kabel ständigen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, sind sie sehr störanfällig und müssen in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden.

- 35 Demgemäß ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung und ein Verfahren zur störungssicheren und zuverlässigen und dabei kostengünstigen Übertragung von Signalen bzw. Daten und Versorgungsleistungen zwischen einem Bearbeitungsgerät und einer zugeordneten Zentraleinheit unter Einsatz kostengünstiger Teile anzugeben, wobei die Anordnung bevorzugt auch in hohen und sehr hohen Drehzahlbereichen motorgesteuerter Bearbeitungsgeräte einsetzbar sein soll.

- 40 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Bearbeitungsanordnung gemäß Anspruch 1, ein Verfahren zur Übertragung von Daten gemäß Anspruch 16 und eine Verwendung gemäß Anspruch 14 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

- Eine erfindungsgemäße Bearbeitungsanordnung umfaßt ein Bearbeitungsgerät, eine Zentraleinheit und ein Übertragungsmittel, wobei das Bearbeitungsgerät zumindest einen Kodierer zur Erstellung von kodierten Daten aus einer Vielzahl von Daten in dem Bearbeitungsgerät und die Zentraleinheit zumindest einen Dekodierer zur Wiederherstellung (Dekodierung) der Vielzahl von Daten aus den übertragenen kodierten Daten aufweist und das Übertragungsmittel zur Übertragung der kodierten Daten von dem Bearbeitungsgerät zu der Zentraleinheit ausgelegt ist. Insbesondere können somit von dem Bearbeitungsgerät erfaßte Daten bzw. Signale durch den Kodierer, welcher in dem Bearbeitungsgerät vorgesehen ist, in kodierte Daten gewandelt werden, die nachfolgend auf eine Übertragung mittels des Übertragungsmittels in der Zentraleinheit durch den Dekodierer wieder in die ursprünglichen Daten (Vielzahl von Daten) dekodierbar sind.

- 50 Bevorzugt ist das Übertragungsmittel zu einer seriellen Übertragung der kodierten Daten ausgelegt. Jedoch ist es ebenfalls möglich, einen Teil der Daten in herkömmlicher Weise (parallel) zu übertragen, während ein anderer Teil der Daten in Form der kodierten Daten seriell übertragen wird.

- Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt das Übertragungsmittel zumindest ein flexibles Kabel, welches das Bearbeitungsgerät mit der zugeordneten Zentraleinheit verbindet.

- 55 Bevorzugt ist das flexible Kabel ein zweiadriges Übertragungskabel, welches zusätzlich zu einem Leistungsversorgungskabel zwischen dem Bearbeitungsgerät und der Zentraleinheit bereitgestellt ist. In diesem Fall kann das Leistungsversorgungskabel ein herkömmliches Versorgungskabel (Stromkabel) sein, das keine weiteren Kabeladern zur Datenübertragung aufweisen muß. Das Übertragungskabel andererseits ist bevorzugt ein zweiadriges Kabel, das eine zusätzliche Abschirmung und/oder Verdrillung (twisted pair) aufweisen kann.

- 60 Besonders bevorzugt ist es, daß Kabel als ein zumindest zweiadriges Leistungsversorgungskabel auszulegen und das Bearbeitungsgerät mit einem Übertragungstransformator zur Übertragung der kodierten Daten über das Leistungsversorgungskabel bereitzustellen, um so auf ein zusätzliches Übertragungskabel verzichten zu können. Somit werden zur Verbindung der Zentraleinheit mit dem Bearbeitungsgerät nur stabile und störungssichere Leistungsversorgungskabel bzw. -kabeladern eingesetzt. Der Übertragungstransformator kann hierbei ein Hochfrequenztransformator sein, der die zu übertragenden kodierten Daten als Modulationssignale auf das Leistungsversorgungskabel aufmoduliert. Bevorzugt kann auch eine Leistungsversorgung des Kodierers über den Übertragungsformator von dem Leistungsversorgungskabel erfolgen. Ferner ist es ebenfalls möglich, die Leistungsversorgung des Kodierers getrennt von der Daten- bzw. Signal-

übertragung mittels eines zweiten Übertragungstransformators, der ebenfalls an das Leistungsverorgungskabel angeschlossen ist, vorzusehen.

Die Zentraleinheit der Bearbeitungsanordnung kann insbesondere eine Versorgungs- und/oder Steuereinheit sein, die Steuerungssignale und/oder Strom- bzw. Spannungsversorgungen für das Bearbeitungsgerät steuern bzw. regeln kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist in der Zentraleinheit zumindest ein Kodierer zum Kodieren einer Vielzahl von Zentraleinheitsdaten in kodierte Zentraleinheitsdaten und in dem Bearbeitungsgerät zumindest ein Dekodierer zum Dekodieren der übertragenen kodierten Zentraleinheitsdaten in die Vielzahl der Zentraleinheitsdaten vorgesehen und das Übertragungsmittel zur Übertragung der kodierten Zentraleinheitsdaten von der Zentraleinheit zu dem Bearbeitungsgerät ausgelegt. Hierdurch ist es möglich, einen bidirektionalen kodierten Daten- bzw. Signalstrom zwischen dem Bearbeitungsgerät und der Zentraleinheit bereitzustellen. Dieser Daten- bzw. Signalstrom von der Zentraleinheit zu dem Bearbeitungsgerät kann entweder über das Übertragungskabel bzw. das Leistungsverorgungskabel oder über ein zusätzlich bereitgestelltes Übertragungskabel bzw. weitere Kabeladem erfolgen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bearbeitungsgerät zumindest einen Motor auf, der von der Zentraleinheit steuerbar ist. Bei dem Bearbeitungsgerät kann es sich somit um beispielsweise ein Bohr-, Fräs- und/oder Schraubgerät handeln, deren jeweiliger Motor insbesondere ein bürstenloser Gleichstrommotor sein kann.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Zentraleinheit zumindest eine Zeitprozessierungseinheit, die zur Bestimmung einer Eingangszeit eines Einganges eines Datensatzes der übertragenen kodierten Daten in der Zentraleinheit und/oder eine Wiederherstellungszeit (Dekodierungszeit) einer Wiederherstellung (Dekodierung) eines Datensatzes der Vielzahl der Daten in der Zentraleinheit und zur Berechnung einer Motorsteuerungssignalausgabezeit aus der Eingangszeit oder der Wiederherstellungszeit unter Berücksichtigung einer vorbestimmten Prozeß- und Übertragungszeit ausgelegt ist und die Zentraleinheit zur Ausgabe von Motorsteuerungssignalen an dem Motor, die zu der Steuerungssignalausgabezeit wirksam werden, ausgelegt ist. Durch die Zeitprozessierungseinheit ist es möglich, die Zeitverzögerung, die durch die Kodierung, Übertragung und Dekodierung der Vielzahl von Daten bzw. kodierten Daten zwischen deren Detektion bzw. Erzeugung in dem Bearbeitungsgerät und der Weiterverarbeitung der Zentraleinheit auftritt, zu korrigieren bzw. bei der Steuerung des Motors zu berücksichtigen, ohne auf kostenträchtige Bauteile für Hochfrequenzanwendungen zurückgreifen zu müssen. Eine solche Prozeß- und Übertragungszeit wird sich insbesondere immer dann besonders bemerkbar machen, wenn eine zeitlich hochpräzise Steuerung bzw. Regelung des Bearbeitungsgeschäftes in Abhängigkeit von zuvor von demselben in die Zentraleinheit übertragenen Daten vorgesehen ist. Insbesondere ermöglicht die Zeitprozessierungseinheiten die zeitlich hochpräzise Steuerung bzw. Regelung eines Elektromotors des Bearbeitungsgerätes auch in Motordrehzahlbereichen, die aufgrund der hierbei nicht mehr vernachlässigbaren Prozeß- und Übertragungszeit keine "Echtzeitsteuerung bzw. -regelung" mehr ermöglichen, einschließlich der jeweiligen Drehwinkellagen während der Bewegung und in der vorgesehenen Endposition.

Bevorzugt werden hierbei einzelne Datensätze der kodierten Daten von dem Bearbeitungsgerät zu der Zentraleinheit nur in einem Signal- bzw. Datenänderungsfall übertragen, d. h. ein neuer Datensatz kodierter Daten wird immer nur dann von dem Kodierer zu dem Dekodierer gesendet, wenn sich der Datensatz von dem unmittelbar vorhergehenden Datensatz unterscheidet. Durch die Bestimmung der Eingangszeit des Eingangs eines Datensatzes in der Zentraleinheit durch die Zeitprozessierungseinheit und der vorbestimmten Prozeß- und Übertragungszeit ist es folglich möglich, eine Steuerungssignalausgabezeit insbesondere für den Motor zu bestimmen, bei der Steuerungssignale in dem Bearbeitungsgerät wirksam werden müssen, um zeitlich richtig "synchronisiert" zu sein. Ein solches Steuerungssignal ist beispielsweise die Spannung bzw. die Stromstärke von einer der Motorphasen der Leistungsverorgung des Elektromotors.

Bevorzugt umfaßt die Zeitprozessierungseinheit zumindest einen ersten und einen zweiten Timer, wobei der erste Timer zur Bestimmung der Eingangszeit und/oder der Wiederherstellungszeit und der zweite Timer zur Bestimmung der Motorsteuerungsausgabezeit ausgelegt ist.

Besonders bevorzugt ist der erste Timer als Aufwärtszähltimer ausgelegt, der jeweils von einem vorbestimmten Ausgangswert zu einer Eingangszeit eines vorangegangenen Datensatzes der übertragenen kodierten Daten bis zu einem Zielwert zu der Eingangszeit des (späteren) Datensatzes aufwärts zählt, wobei die Zeitprozessierungseinheit zur Übergabe des um die Prozeß- und Übertragungszeit korrigierten Zielwertes an den zweiten Timer ausgelegt ist, der zweite Timer ein Abwärtszähltimer ist und von dem korrigierten Zielwert zu dem vorbestimmten Ausgangswert abwärts zählt und die Zentraleinheit zur Ausgabe der Motorsteuerungssignale an den Motor zu der Motorsteuerungssignalausgabezeit ausgelegt ist, bei welcher der zweite Timer auf den vorbestimmten Ausgangswert gezählt hat.

Bevorzugt ist der vorangegangene Datensatz einer von drei unmittelbar vorangegangenen Datensätzen oder ein vorbestimmter Mittelwert aus diesen, besonders bevorzugt der erste unmittelbar vorangegangene Datensatz. Bevorzugt zählt der erste Timer von dem vorbestimmten Ausgangswert 0 zu der Eingangszeit des unmittelbar vorangegangenen Datensatzes der übertragenen kodierten Daten bis zu einem Zielwert, den er zur Eingangszeit des unmittelbar nachfolgenden Datensatzes erreicht, und der zweite Timer zählt von dem korrigierten Zielwert zu dem Ausgangswert 0 abwärts. Der korrigierte Zielwert ergibt sich hierbei aus dem Zielwert minus einem Wert, der der Prozeß- und Übertragungszeit entspricht. Wenn der Timer 2 den vorbestimmten Ausgangswert 0 erreicht hat, werden beispielsweise Motorsteuerungssignale zur Steuerung der Motorkommutierung ausgegeben.

Erfindungsgemäß wird eine Verwendung von zumindest einem Kodierer in einem Bearbeitungsgerät und zumindest einem Dekodierer in einer Zentraleinheit vorgeschlagen, wobei der Kodierer eine Vielzahl von Daten als kodierte Daten kodiert und der Dekodierer die übertragenen kodierten Daten in die Vielzahl von Daten dekodiert und so eine Reduktion einer Übertragungskabelanzahl eines Übertragungsmittels unter eine Datenleitungsanzahl des Bearbeitungsgerätes bzw. Anzahl der von dem Bearbeitungsgerät erfaßten unterschiedlichen Sensorsignalen bzw. Daten ermöglicht, insbesondere unter vier, bevorzugt unter drei. Hierdurch ist es möglich, die Anzahl der benötigten Kabel bzw. Kabeladem zwischen einem Bearbeitungsgerät und einer zugeordneten Zentraleinheit erheblich zu reduzieren.

Insbesondere wird die Verwendung einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung mit einer Zeitprozessierungseinheit für Bearbeitungsgeräte vorgeschlagen, die auch in einem hohen Drehzahlbereich größer 5000 Umdrehungen/Minute, insbesondere größer 10000 Umdrehungen/Minute arbeiten sollen. In diesen hohen Drehzahlbereichen von Bearbei-

tungsgeräten ist eine "Echtzeitsteuerung" von beispielsweise einem Bearbeitungsgerätmotor nur unter großen Schwierigkeiten möglich, da die entsprechenden Zeitskalen eine Steuerung bzw. Regelung im MHz-Frequenzbereich erforderlich machen. Die Verwendung einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung und einer Zeitprozessierungseinheit ermöglicht jedoch eine Lösung des Prozeß- bzw. Übertragungszeitproblems mit elektronischen Mitteln, die lediglich eine typische Bearbeitungsfrequenz im kHz-Bereich aufweisen müssen. Diese Lösung ist sowohl im Hinblick auf die Herstellungskosten als auch auf die Baugröße und Betriebssicherheit einer "MHz-Lösung" weit überlegen.

Erfindungsgemäß wird ferner ein Verfahren zur Übertragung von Daten zwischen einem Bearbeitungsgerät und einer Zentraleinheit mit folgenden Schritten bereitgestellt:

- Kodieren einer Vielzahl von Daten in dem Bearbeitungsgerät in kodierte Daten,
- Übertragen der kodierten Daten zu der Zentraleinheit und

Dekodieren der übertragenen kodierten Daten in die Vielzahl der Daten in der Zentraleinheit.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform weist das Verfahren folgende zusätzliche Schritte auf:

- Kodieren einer Vielzahl von Zentraleinheitsdaten in der Zentraleinheit in kodierte Zentraleinheitsdaten,
- Übertragen der kodierten Zentraleinheitsdaten zu dem Bearbeitungsgerät und
- Dekodieren der übertragenen kodierten Zentraleinheitsdaten in die Vielzahl der Zentraleinheitsdaten in dem Bearbeitungsgerät.

Das Verfahren sieht insbesondere vor, daß die Zentraleinheit eine Steuerungssignalausgabezeit aus einer Eingangszeit eines Datensatzes der übertragenen kodierten Daten in der Zentraleinheit und/oder einer Wiederherstellungszeit (Dekodierungszeit) einer Wiederherstellung (Dekodierung) eines Datensatzes der Vielzahl der Daten in der Zentraleinheit unter Berücksichtigung einer vorbestimmten Prozeß- und Übertragungszeit bestimmt und Steuerungssignale an das Bearbeitungsgerät überträgt, die zu der Steuerungssignalausgabezeit wirksam werden. Die Steuerungssignale können insbesondere Versorgungsspannungen bzw. Ströme der einzelnen Motorphasen eines Motors des Bearbeitungsgerätes sein, die zu dem Zeitpunkt der Steuerungssignalausgabezeit von der Zentraleinheit ausgegeben werden.

Bevorzugt bestimmt die Zentraleinheit die Eingangszeit des Datensatzes der kodierten Daten aus einer Zeitdifferenz zwischen einem Eingang eines vorherigen Datensatzes und dem Eingang des (zeitlich späteren) Datensatzes der kodierten Daten in der Zentraleinheit.

Besonders bevorzugt ist es hierbei, daß der vorherige Datensatz ein unmittelbar vorheriger Datensatz ist. In diesem Fall ist es insbesondere möglich, daß die Steuerungssignalausgabezeit der Eingangszeit des Datensatzes der übertragenen kodierten Daten um eine Zeitspanne nachfolgt, welche die um die Prozeß- und Übertragungszeit verringerte Eingangszeit ist.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist in der Verwendung eines Verfahrens bzw. einer Bearbeitungsanordnung bzw. einer Steuerung von Hochpräzisionsbearbeitungsgeräten zu sehen, bei denen es auf eine hochpräzise Werkzeugwinkelpositionierung bzw. -steuerung unabhängig von der Betriebsdrehzahl eines Bearbeitungsmotors ankommt.

Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines herkömmlichen Handschraubers;
- Fig. 2 ein Blockschalt diagramm einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung;
- Fig. 3 ein Blockschalt diagramm einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung;
- Fig. 4 ein Blockschalt diagramm einer weiteren Ausführungsform einer weiteren erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung;
- Fig. 5 ein Flußdiagramm, das die logische Schrittabfolge in einem Kodierer einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung zeigt;
- Fig. 6 ein Flußdiagramm, das die logische Schrittabfolge in einem Dekodierer einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung zeigt; und
- Fig. 7 ein Signal-Zeitdiagramm, das die Funktionsweise eines ersten und zweiten Timers einer Zeitprozessierungseinheit einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung zeigt.

In Fig. 2 ist schematisch ein wesentlicher Teil der Schaltungselektronik einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung als Blockschaltbild dargestellt. Das Bearbeitungsgerät ist ein Handschrauber 32, der einen bürstenlosen Gleichstrommotor 36 mit zugeordnetem Motorlagegeber 12 umfaßt. Der Motorlagegeber 12 ist über ein vieradriges Kabel mit dem Kodierer 38 verbunden, welcher als Sender dient. Startschaltersignale bzw. -daten 14', die von einem manuell zu bedienendem Startschalter 14 (vgl. Fig. 1) erzeugt werden, werden über ein zweiadriges Kabel in den Kodierer 38 eingespeist. Der Motorlagegeber 12 weist typischerweise zumindest drei Hallsensoren auf, mit denen eine Drehwinkelorientierung einer Motorwelle des Motors zu jedem Zeitpunkt bestimmt werden kann. In ähnlicher Weise erhält der Kodierer 38 Drehmomentsensordaten bzw. -signale 18' sowie Drehwinkelsensordaten bzw. -signale 16' über vier- bzw. zweiadrige Kabel. Das Bearbeitungsgerät 32 umfaßt ferner einen Dekodierer (Empfänger) 40, über den Kontrollleuchten IO (grün) 20a und NIO (rot) 20b angesteuert werden.

Das Bearbeitungsgerät 32 ist über ein Übertragungsmittel 34 mit einer Zentraleinheit 30 verbunden. Das Übertragungsmittel 34 besteht hierbei aus einem fünf- bis sechsadrigen flexiblen Kabel, welches in ein drei-vieradriges Leistungs- bzw. Motorversorgungskabel und ein zweiadriges Daten- bzw. Signalübertragungskabel aufgeteilt ist. Das Leistungsversorgungskabel und das Datenübertragungskabel sind hierbei in einer gemeinsamen Schutzarmierung bereitgestellt. Das Motorversorgungskabel ist mit einem Leistungsteil 42 in der Zentraleinheit 30 und das Signal- bzw. Datenübertragungskabel ist mit einem Dekodierer (Empfänger) 44 in der Zentraleinheit 30 elektrisch leitfähig verbunden. In der Zentraleinheit 30 ist ferner ein Kodierer (Sender) 46 untergebracht, der mit dem Dekodierer 44 in Verbindung steht. Der Kodierer 46 und der Dekodierer 44 sind über ein vieladriges Breitbandkabel mit einer Schraubersteuereinheit 48 verbunden. Die elektrischen Leistungsversorgungsleitungen zu dem Dekodierer 44, dem Kodierer 46 und der Schraubersteuereinheit 48 sind nicht dargestellt.

In Fig. 3 ist eine schematische Blockansicht einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung 32 dargestellt. Im Gegensatz zu der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform wird hierbei ein Übertragungstransformator 50 in dem Bearbeitungsgerät 32 verwendet, um Signale bzw. Daten sowie eine Versorgungsleistung des

Kodierers 38 und Dekodierers 40 über die Leistungs- bzw. Motorleistungsversorgungskabel zu senden bzw. empfangen. Auf das zusätzliche zweiadrige Signal- bzw. Datenübertragungskabel, das in der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform verwendet wird, kann dadurch verzichtet werden. Der Übertragungstransformator 50 ist ein Hochfrequenztransformator, der die Daten bzw. Signale auf zwei Kabeladern des Motorversorgungskabels hochfrequent aufmoduliert. Die Gesamtzahl der für das Übertragungsmittel notwendigen Kabeladern kann somit bis auf drei Kabeladern reduziert werden. Das Motorversorgungskabel ist ein herkömmliches Standardstromkabel, welches wesentlich günstiger als ein 18-adriges Spezialanschlußkabel ist, das im Stand der Technik verwendet wird (vergleiche Fig. 1).

Fig. 4 zeigt eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung 32. Im Unterschied zu der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform wird hierbei die Leistungsversorgung des Kodierers 38 und des Dekodierers 40 des Bearbeitungsgerätes 32 von einem getrennten Übertragungstransformator 52 übernommen, der zusätzlich zu dem Übertragungstransformator 50 vorgesehen ist, wodurch eine Verbesserung der Übertragungseffizienz und Sicherheit von Daten und Leistungen ermöglicht wird.

Im folgenden wird die Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Bearbeitungsanordnung 32, hier ein Elektro-Handschauber, erläutert. Ein Schraubvorgang mittels des Elektro-Handschaubers 32 wird durch ein Betätigen des Startschalters 14 ausgelöst. Sämtliche in dem Handschrauber 32 erfaßte Sensordaten bzw. -signale, insbesondere die des Motorlagegebers 12, des Startschalters 14, des Drehmomentsensors 18 und des Drehwinkelsensors 16 werden dem Kodierer 38 des Handschaubers 32 zugeführt. Ändern sich ein oder mehrere Signale dieser genannten Sensordaten, so sendet der Kodierer 38 die Daten als einen kodierten Datensatz über das Übertragungsmittel 34 an die Zentraleinheit 30. Dort wird der Datensatz der übertragenen kodierten Daten von dem Dekodierer 44 empfangen und nachfolgend in die ursprüngliche Vielfalt der Daten dekodiert. Zur weiteren Verarbeitung der Daten sowie zur eigentlichen Steuerung des Handschaubers 32 wird die Vielzahl der Daten von dem Dekodierer 44 über ein vieladriges Kabel nun einer Schraubersteuereinheit 48 übergeben, die zur Steuerung des Handschaubers 23 ausgelegt ist. Abhängig von den in der Zentraleinheit 30 empfangenen kodierten Daten, erfolgt eine Steuerung des Schrauber Motors durch geeignete Steuerung der Motorkommutierung, auf die später noch detailliert eingegangen wird.

Zusätzlich werden von dem Kodierer 46 in der Zentraleinheit 30 Kontrollsignale an den Dekodierer 40 in dem Handschrauber 32 gesendet, um so mittels der Leuchtdioden 20a, 20b dem Bediener eine Rückmeldung geben, ob der Schraubvorgang ordnungsgemäß durchgeführt wird bzw. beendet ist. In diesem Fall leuchtet die Kontroll-LED 20a (grün), im Fehlerfall leuchtet die Kontroll-LED (NIO, rot).

Die Betriebsweise der Bearbeitungsanordnung wird im folgenden anhand der Flußdiagramme von Fig. 5 und 6 weiter verdeutlicht werden. Zunächst soll anhand von Fig. 5 die Betriebsweise des Kodierers 38 des Handschaubers 32 beschrieben werden. Betätigt der Benutzer den Startschalter 14 des Handschaubers 32, so wird das Startschaltersignal 14' des Startschalters 14 und die Motorlagegeberdaten (Hallsensordaten) des Motorlagegebers 12 von dem Kodierer 38 ausgelesen bzw. empfangen. Ändern sich von einem Datensatz zum darauffolgenden Datensatz die Motorlagegeberdaten (Hallsensordaten), so werden die Daten in dem Kodierer 38 kodiert und über das Übertragungsmittel 34 an den Dekodierer 44 in der Zentraleinheit 30 gesendet. In dem Dekodierer 44 werden die übertragenen kodierten Daten nachfolgend dekodiert und weiterverarbeitet, was anhand von Fig. 6 genauer beschrieben werden wird. Ist der Wert des Start-Signals 14' des Startschalters 14 gleich dem Wert "STOP", so wird ein Stop-Kommando an den Dekodierer 44 in der Zentraleinheit 30 gesendet und der Schraubvorgang beendet. Hat jedoch das Start-Signal einen anderen Wert, so erfolgt ein weiteres Auslesen und Vergleichen der Sensordaten im Handschrauber 32 durch den Kodierer 38. Folglich werden von dem Kodierer 38 nur Daten an den Dekodierer 44 gesendet, wenn eine Änderung der Hallsensordaten bzw. der Motorlagegeberdaten vorliegt. Typischerweise weist ein übertragener Datensatz eine Größe von zumindest vier, typischerweise acht oder sechzehn Bit auf.

Die Betriebsweise des Dekodierers 44 der Zentraleinheit 30 soll im folgenden anhand des Flußdiagrammes von Fig. 6 näher erläutert werden. Dieses Flußdiagramm bezieht sich hierbei auf eine Ausführungsform der Bearbeitungsanordnung, die besonders für Handschrauber geeignet ist, die auch in einem hohen Drehzahlbereich über 5000 Umdrehungen/Minute eingesetzt werden sollen. Bei derartig großen Drehzahlen stellt sich das Problem, daß keine "Echtzeitsteuerung" des Motors des Handschaubers 32 mehr von der Zentraleinheit 30 erfolgen kann, da eine Prozeß- und Übertragungszeit  $\Delta t$  nicht mehr vernachlässigbar gegenüber den typischen Kommutierungszeiten des bürstenlosen Gleichstrommotors ist, da die Übertragung zwischen dem Kodierer 38 und dem Dekodierer 44 typischerweise mit einer Datenübertragungsgeschwindigkeit von weniger als 50 kBaud erfolgt. Um jedoch eine tatsächliche "Echtzeitsteuerung" der Motorkommutierung des Handschaubermotors 36 vornehmen zu können, wäre eine um Größenordnungen höhere Datenübertragungsrate notwendig. Eine hierfür notwendige MHz-Elektronik wäre jedoch aus Kosten-, Zuverlässigkeits- und Baugrößengründen unvorteilhaft.

Die in Fig. 6 beschriebene Ausführungsform löst dieses Problem durch einen Einsatz einer Zeitprozessierungseinheit, die eine Korrektur bzw. eine Bestimmung einer Ausgabezeit  $T_2$  von Motorsteuerungssignalen bzw. Motorversorgungssignalen anhand einer von der Zentraleinheit 30 bestimmten Eingangszeit  $T_1$  eines Datensatzes der übertragenen kodierten Daten vornimmt. Alternativ zu der Bestimmung der Eingangszeit  $T_1$  eines Datensatzes der kodierten übertragenen Daten in der Zentraleinheit kann hierfür auch eine Wiederherstellungszeit (Dekodierungszeit)  $T_1'$  bestimmt werden. Unter der Wiederherstellungszeit  $T_1'$  wird dabei derjenige Zeitpunkt verstanden, bei welchem die Vielzahl der Daten von dem Dekodierer 44 aus dem Datensatz der übertragenen kodierten Daten wiederhergestellt worden ist.

Gemäß Fig. 6 wird ein Timer 1, der als Aufwärtzzähltimer ausgelegt ist, auf den Wert 0 gesetzt und gestartet, wenn ein "START-Signal" von dem Kodierer 38 empfangen wird. Nachfolgend wird geprüft, ob die Daten des Motorlagegebers (Hallsensordaten) sich geändert haben. Ist das der Fall, so ist ein neuer Datensatz der kodierten Daten von dem Dekodierer 44 der Zentraleinheit empfangen worden. Daraufhin wird der Wert des Timer 1 ausgelesen (Timer 1 =  $XT_1$ ). Dieser Wert  $XT_1$  des Timers 1 läßt sich folglich einer Zeit  $T_1$  zuordnen, die zwischen zwei Eingängen unmittelbar nachfolgender Datensätze von kodierten Daten in der Zentraleinheit 30 vergangen ist. Von diesem Zeitwert  $XT_1$  wird nun zur Korrektur der Prozeß- und Übertragungszeit  $\Delta t$  ein Prozeß- und Übertragungszeitwert  $X\Delta t$  abgezogen. Dieser Wert wird einem Timer 2, der als Abwärtzzähltimer ausgelegt ist, übergeben wonach dieser gestartet wird. Zusätzlich wird das Kom-

mutierungsregister für die Motorkommutierung des Handschraubermotors 36 um einen Wert erhöht. Wird nachfolgend kein Stop-Signal von dem Kodierer 38 erhalten, so erfolgt eine Prüfung, ob der Abwärtszähltimer 2 bereits abgelaufen ist, d. h. den Wert 0 erreicht hat. Ist dies nicht der Fall, so wiederholt sich der Ablauf der genannten Schritte von der Prüfung der Änderung der Motorlagegeberdaten (Hallsensordaten) an bis schließlich entweder ein Stop-Signal empfangen wird oder, falls dies nicht der Fall ist, der Timer 2 den Wert 0 erreicht hat (Zeitpunkt  $T_2$ ). Zu diesem Zeitpunkt werden die neuen Kommutierungssignale an die Motorphasen ausgegeben und der Timer 2 gestoppt.

Fig. 7 zeigt in einem Signal/Spannung-Zeitdiagramm nochmals die Funktionsweise der mit zwei Timern arbeitenden Zeitprozessierungseinheit, wobei lediglich ein einzelner Durchlauf durch das in Fig. 6 dargestellte Flußdiagramm dargestellt ist. Die Motorkommutatorwerte bzw. Hallsensorwerte werden sind hierbei lediglich schematisch als Rechteckspannungen dargestellt. Zu einem Zeitpunkt  $t = 0$ , der dem Zeitpunkt des Eingangs eines Datensatzes N-1 der kodierten übertragenen Daten in der Zentraleinheit 30 entspricht, wird der Aufwärtszähltimer 1 auf seinen Startwert Timer 1 = 0 gesetzt und gestartet. Zu dem Zeitpunkt  $t = T_1$  empfängt der Dekodierer 44 den unmittelbar darauffolgenden Datensatz N der übertragenen kodierten Daten. Aufgrund der Prozeß- und Übertragungszeit  $\Delta t$  ist diesem Datensatz N jedoch eine "tatsächliche" Zeit  $T - \Delta t$  zuzuordnen. Zu dem Zeitpunkt  $t = T_1$  hat der Timer 1 den Wert  $XT_1$  erreicht. Um der Prozeß- und Zeitprozessierungszeit  $\Delta t$  Rechnung zu tragen, wird der Abwärtszähltimer 2 mit dem Restzeitwert  $XT_1 - X\Delta t$  geladen und gestartet. Somit erreicht der Timer 2 den Ausgangswert 0 genau zur Zeit  $T_2$ , zu der eine Ausgabe des erhöhten Motor-  
kommutierungsregisters an die Motorphasen notwendig ist. Somit erfolgt trotz der nicht zu vernachlässigenden Prozeß- und Übertragungszeit  $\Delta t$  eine zeitliche hochpräzise Steuerung der Motorkommutierung, wie sie für eine drehwinkelgenaue Steuerung von Bearbeitungsgeräten notwendig ist.

#### Bezugszeichenliste

- 8 Handschrauber
- 10 Motorversorgung
- 12 Motorlagegeber
- 14 Startschalter
- 16 Drehwinkelsensor
- 18 Drehmomentsensor
- 20a IO-Kontrolleuchte
- 20b NIO-Kontrolleuchte
- 22 Anschlußkabel
- 30 Zentraleinheit
- 32 Bearbeitungsgerät
- 34 Übertragungsmittel
- 36 Motor
- 38 Kodierer (Sender) in dem Bearbeitungsgerät
- 40 Dekodierer (Empfänger) in dem Bearbeitungsgerät
- 42 Leistungsteil
- 44 Dekodierer (Empfänger) in der Zentraleinheit
- 46 Kodierer (Sender) in der Zentraleinheit
- 48 Schraubersteuereinheit
- 50 Übertragungstransformator
- 52 zweiter Übertragungstransformator

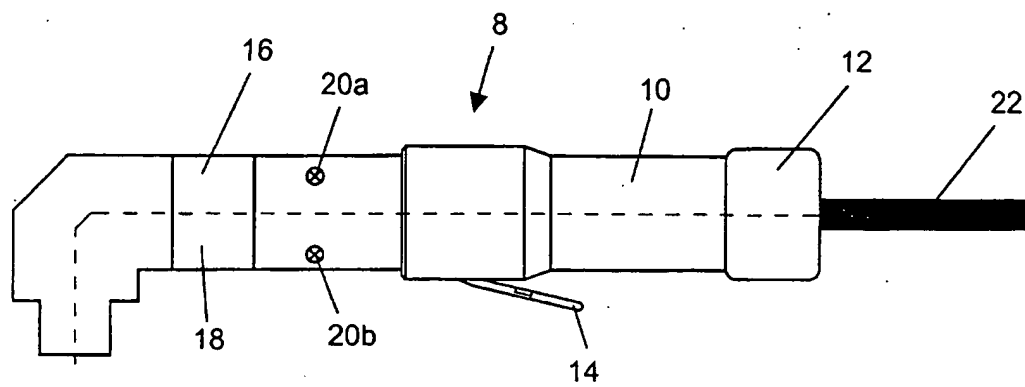
#### Patentansprüche

1. Bearbeitungsanordnung mit einem Bearbeitungsgerät (32), einer Zentraleinheit (30) und einem Übertragungsmittel (34), wobei das Bearbeitungsgerät (32) zumindest einen Kodierer (38) zur Erstellung von kodierten Daten aus einer Vielzahl von Daten in dem Bearbeitungsgerät (32) und die Zentraleinheit (30) zumindest einen Dekodierer (44) zur Wiederherstellung der Vielzahl von Daten aus den übertragenen kodierten Daten aufweist und das Übertragungsmittel (34) zur Übertragung der kodierten Daten von dem Bearbeitungsgerät (32) zu der Zentraleinheit (30) ausgelegt ist.
2. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 1, wobei das Übertragungsmittel (34) zu einer seriellen Übertragung der kodierten Daten ausgelegt ist.
3. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Übertragungsmittel (34) zumindest ein flexibles Kabel umfaßt, welches das Bearbeitungsgerät (32) mit der Zentraleinheit (30) verbindet.
4. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 3, wobei das Kabel ein zweiadriges Übertragungskabel ist, das zusätzlich zu einem Leistungsversorgungskabel zwischen dem Bearbeitungsgerät (32) und der Zentraleinheit (30) bereitgestellt ist.
5. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 3, wobei das Kabel ein zumindest zweiadriges Leistungsversorgungskabel ist und das Bearbeitungsgerät (32) mit einem Übertragungstransformator (50, 52) zur Übertragung der kodierten Daten über das Leistungsversorgungskabel bereitgestellt ist.
6. Bearbeitungsanordnung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Zentraleinheit (30) eine Versorgungs- und/oder Steuereinheit ist.
7. Bearbeitungsanordnung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, wobei in der Zentraleinheit (30) zumindest ein Kodierer (46) zum Kodieren einer Vielzahl von Zentraleinheitsdaten in kodierte Zentraleinheitsdaten und in dem Bearbeitungsgerät (32) zumindest ein Dekodierer (40) zum Dekodieren der übertragenen kodierten Zentraleinheitsdaten in die Vielzahl der Zentraleinheitsdaten vorgesehen ist und das Übertragungsmittel (34) zur Über-

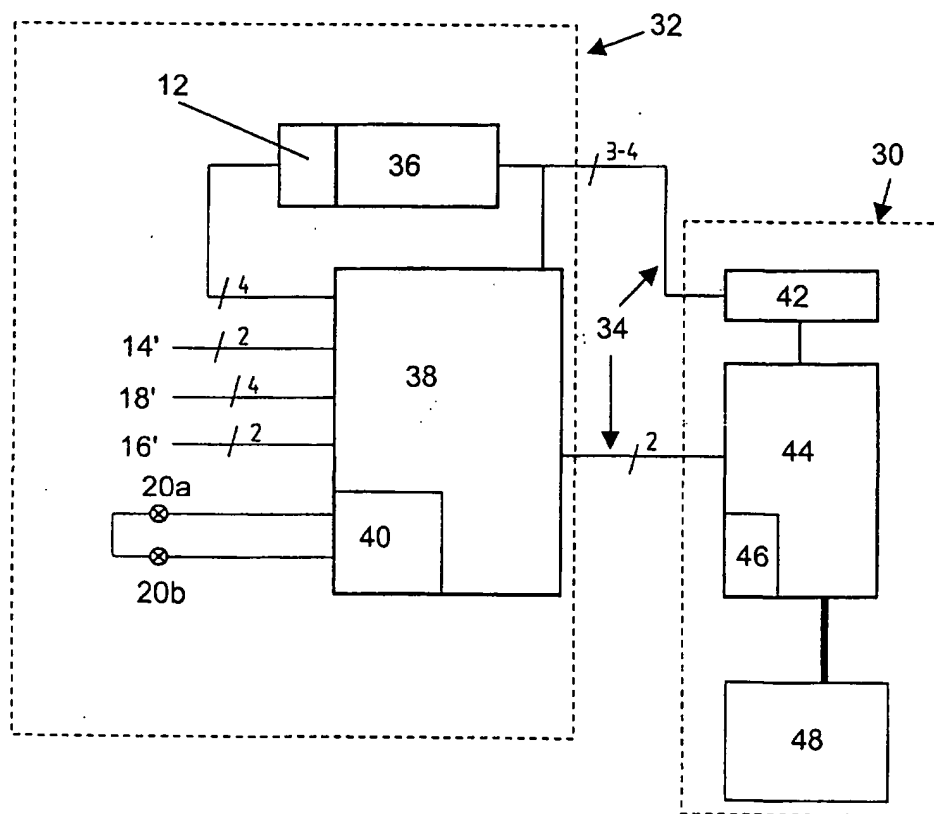
- tragung der kodierten Zentraleinheitsdaten von der Zentraleinheit (30) zu dem Bearbeitungsgerät (32) ausgelegt ist.
8. Bearbeitungsanordnung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Bearbeitungsgerät (32) einen Motor (36) aufweist, der von der Zentraleinheit (30) steuerbar ist und das Bearbeitungsgerät (32) insbesondere ein Bohr-, Fräs- und/oder Schraubgerät ist.
9. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 8, wobei der Motor (36) ein bürstenloser Gleichstrommotor ist. 5
10. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Zentraleinheit (30) zumindest eine Zeitprozessierungseinheit umfaßt, die zur Bestimmung einer Eingangszeit ( $T_1$ ) eines Eingangs eines Datensatzes (N) der übertragenen kodierten Daten in der Zentraleinheit (30) und/oder einer Wiederherstellungszeit ( $T_1'$ ) einer Wiederherstellung (Dekodierung) eines Datensatzes (N') der Vielzahl der Daten in der Zentraleinheit (30) und zur Berechnung einer Motorsteuerungssignalausgabezeit ( $T_2$ ) aus der Eingangszeit ( $T_1$ ) oder der Wiederherstellungszeit ( $T_1'$ ) unter Berücksichtigung einer vorbestimmten Prozeß- und Übertragungszeit ( $\Delta t$ ,  $\Delta t'$ ) ausgelegt ist und die Zentraleinheit (30) zur Ausgabe von Motorsteuerungssignalen an den Motor (36), die zu der Motorsteuerungssignalausgabezeit ( $T_2$ ) wirksam werden, ausgelegt ist. 10
11. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 10, wobei die Zeitprozessierungseinheit zumindest einen ersten und einen zweiten Timer umfaßt, wobei der erste Timer zur Bestimmung der Eingangszeit ( $T_1$ ) und/oder der Wiederherstellungszeit ( $T_1'$ ) und der zweite Timer zur Bestimmung der Motorsteuerungssignalausgabezeit ( $T_2$ ) ausgelegt ist. 15
12. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 11, wobei der erste Timer als Aufwärtszähltimer ausgelegt ist, der jeweils von einem vorbestimmten Ausgangswert (Timer 1 = 0) zu einer Eingangszeit eines vorherigen Datensatzes (N-a) der übertragenen kodierten Daten bis zu einem Zielwert (Timer 1 =  $XT_1$ ) zu der Eingangszeit ( $T_1$ ) des Eingangs des Datensatzes (N) aufwärts zählt, 20  
die Zeitprozessierungseinheit zur Übergabe des um die Prozeß- und Übertragungszeit ( $\Delta t$ ) korrigierten Zielwerts ( $XT_1 - X\Delta t$ ) an den zweiten Timer ausgelegt ist,  
der zweite Timer als Abwärtszähltimer ausgelegt ist und von dem korrigierten Zielwert (Timer 2 =  $XT_1 - X\Delta t$ ) zu dem vorbestimmten Ausgangswert (0) abwärts zählt und  
die Zentraleinheit (30) zur Ausgabe der Motorsteuersignale an den Motor zu der Motorsteuerungssignalausgabezeit ( $T_2$ ) ausgelegt ist, bei welcher der zweite Timer auf den vorbestimmten Ausgangswert (Timer 2 = 0) gezählt hat. 25
13. Bearbeitungsanordnung nach Anspruch 12, wobei der vorherige Datensatz (N-a) einer von drei unmittelbar vorhergehenden Datensätzen (N-3; N-2; N-1) ist.
14. Verwendung von zumindest einem Kodierer (38) in einem Bearbeitungsgerät (32) und zumindest einem Dekodierer (44) in einer Zentraleinheit (30), wobei der Kodierer (38) eine Vielzahl von Daten als kodierte Daten kodiert und der Dekodierer (44) die übertragenen kodierten Daten in die Vielzahl von Daten dekodiert und so eine Reduktion einer Übertragungskabelanzahl eines Übertragungsmittels unter eine Datenleitungsanzahl des Bearbeitungsgeräts (32), insbesondere unter 4, bevorzugt unter 3, ermöglicht. 30
15. Verwendung einer Bearbeitungsanordnung nach einem der Ansprüche 10–13 für ein Bearbeitungsgerät (32), das auch in einem Drehzahlbereich größer 5000 Umdrehungen pro Minute, insbesondere größer 10000 Umdrehungen pro Minute arbeiten soll. 35
16. Verfahren zur Übertragung von Daten zwischen einem Bearbeitungsgerät (32) und einer Zentraleinheit (30) mit folgenden Schritten:  
Kodieren einer Vielzahl von Daten in dem Bearbeitungsgerät (32) in kodierte Daten,  
Übertragen der kodierten Daten zu der Zentraleinheit (30) und  
Dekodieren der übertragenen kodierten Daten in die Vielzahl der Daten in der Zentraleinheit (30). 40
17. Verfahren nach Anspruch 16 mit folgenden zusätzlichen Schritten:  
Kodieren einer Vielzahl von Zentraleinheitsdaten in der Zentraleinheit (30) in kodierte Zentraleinheitsdaten,  
Übertragen der kodierten Zentraleinheitsdaten zu dem Bearbeitungsgerät (32) und  
Dekodieren der übertragenen kodierten Zentraleinheitsdaten in die Vielzahl der Zentraleinheitsdaten in dem Bearbeitungsgerät (32). 45
18. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die Zentraleinheit (30) eine Steuerungssignalausgabezeit ( $T_2$ ) aus einer Eingangszeit ( $T_1$ ) eines Datensatzes (N) der übertragenen kodierten Daten in der Zentraleinheit (30) und/oder einer Wiederherstellungszeit ( $T_1'$ ) einer Wiederherstellung (Dekodierung) eines Datensatzes (N') der Vielzahl der Daten in der Zentraleinheit (30) unter Berücksichtigung einer vorbestimmten Prozeß- und Übertragungszeit ( $\Delta t$ ,  $\Delta t'$ ) bestimmt und Steuerungssignale an das Bearbeitungsgerät (32) überträgt, die zu der Steuerungssignalausgabezeit ( $T_2$ ) wirksam werden. 50
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die Zentraleinheit (30) die Eingangszeit ( $T_1$ ) des Datensatzes (N) der kodierten Daten aus einer Zeitdifferenz zwischen einem Eingang zumindest eines vorherigen Datensatzes (N-a) und dem Eingang des Datensatzes (N) der kodierten Daten bestimmt. 55
20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei der vorherige Datensatz ein unmittelbar vorheriger Datensatz (N-1) ist.
21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Steuerungssignalausgabezeit ( $T_2$ ) der Eingangszeit ( $T_1$ ) des Datensatzes der übertragenen kodierten Daten (N) um eine Zeitspanne nachfolgt, welche die um die Prozeß- und Übertragungszeit ( $\Delta t$ ) verringerte Eingangszeit ( $T_1$ ) ist.
22. Verwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 18–21 in einer Steuerung von Hochpräzisionsbearbeitungsgeräten (32), bei denen eine hochpräzise Werkzeugwinkelsteuerung unabhängig von der Betriebsdrehzahl, insbesondere von mehr als 5000 Umdrehungen pro Minute und insbesondere mehr als 10000 Umdrehungen pro Minute notwendig ist. 60



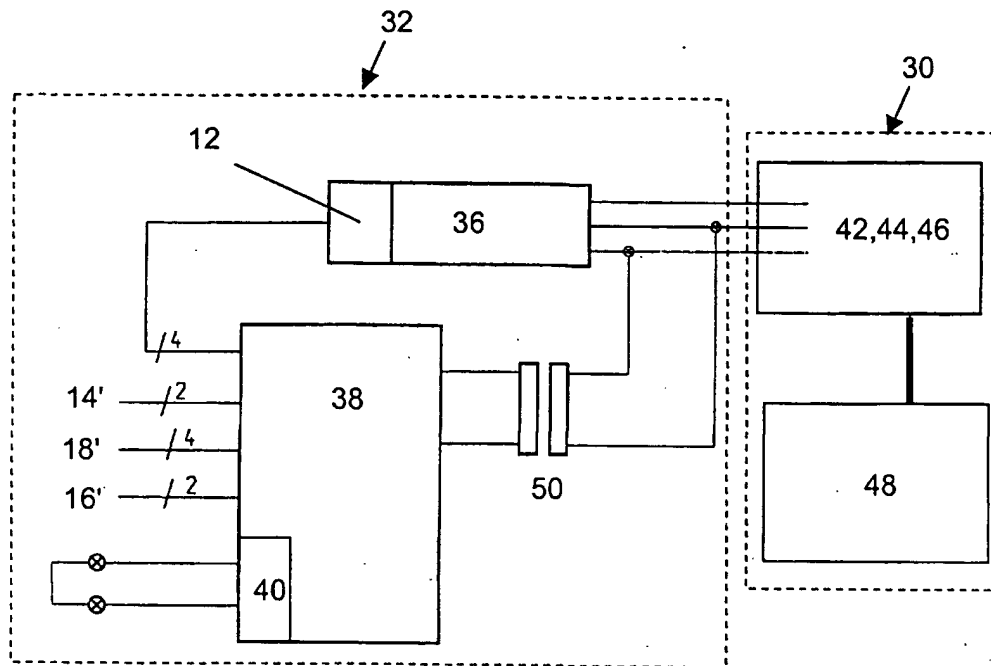
Stand der Technik:



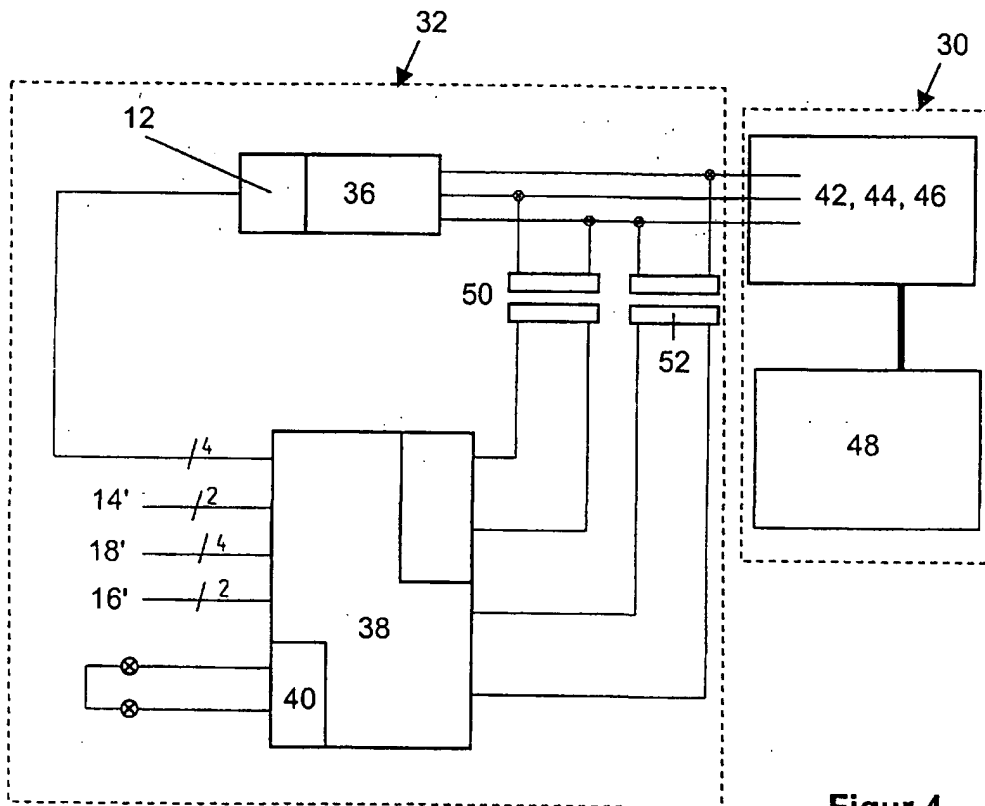
Figur 1



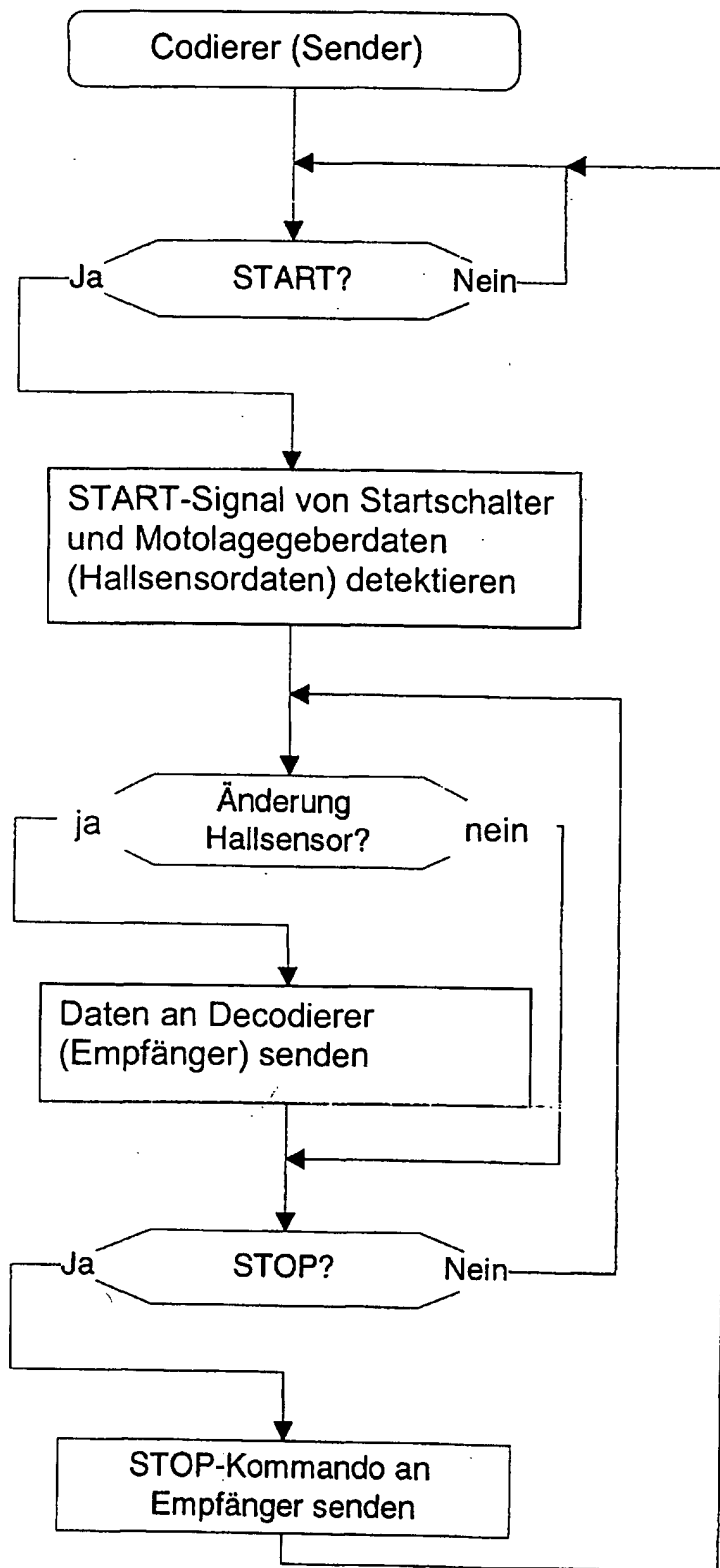
Figur 2



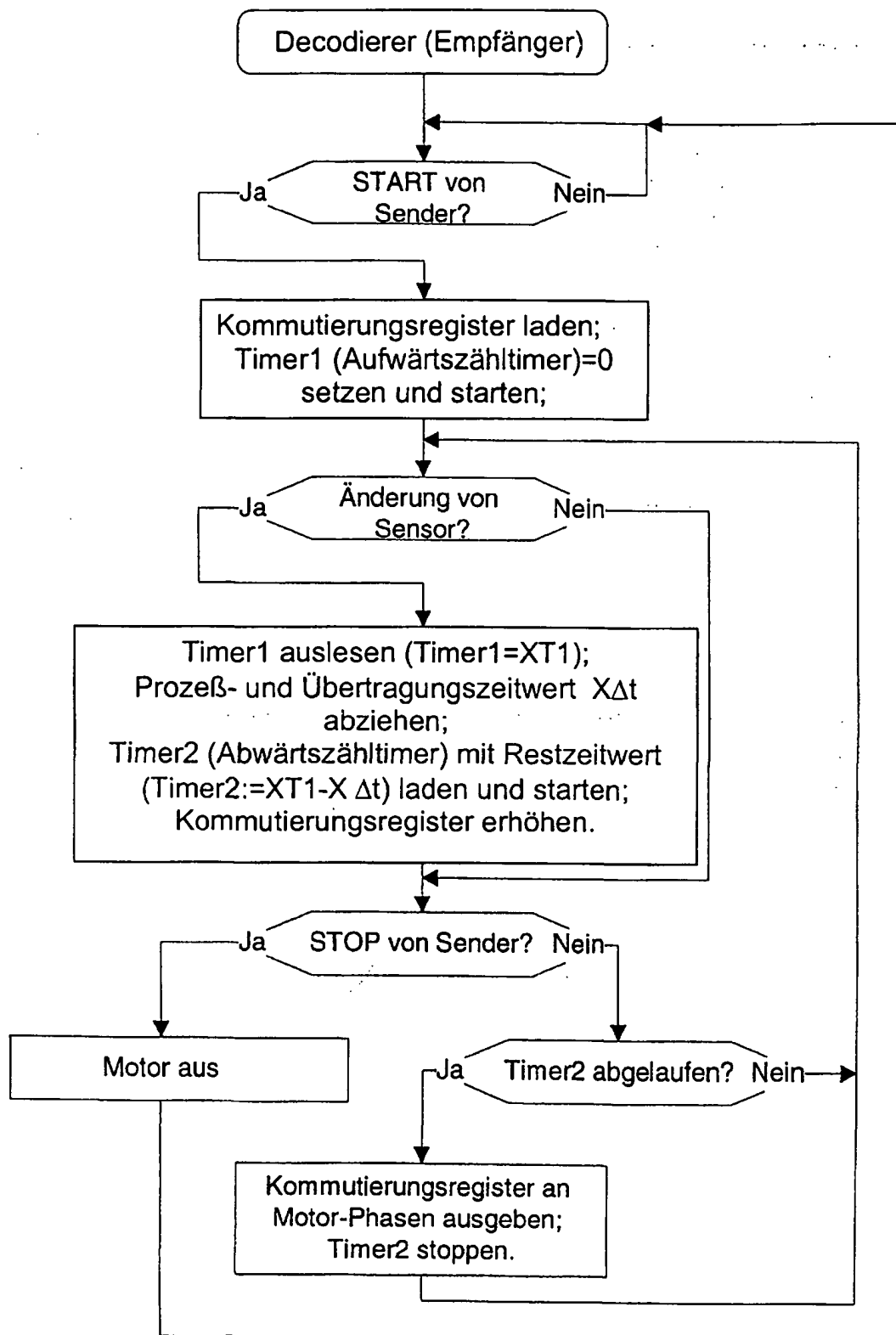
Figur 3



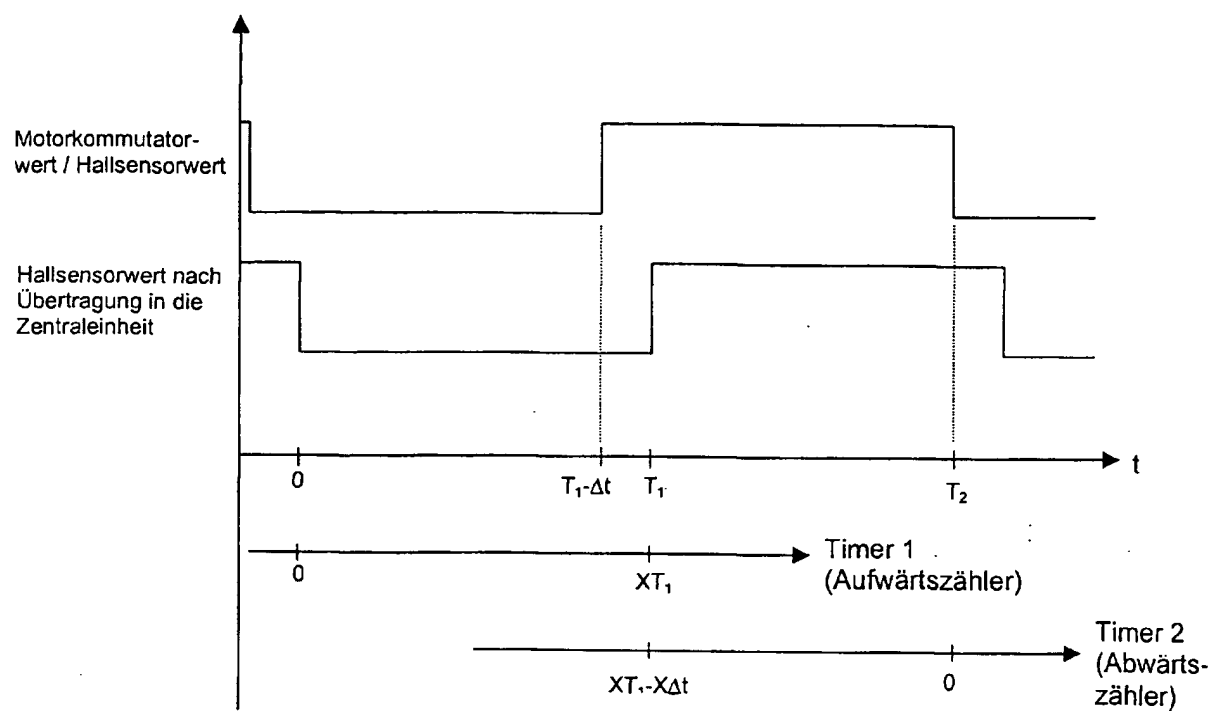
Figur 4



Figur 5



Figur 6



Figur 7